



Leibniz-Institut für  
Wirtschaftsforschung Halle

# IWH Policy Notes

1/2023

7. März 2023

Stellungnahme „Übergreifende Kostenbetrachtung der  
Auswirkungen des Klimawandels in Schleswig-Holstein“

Katja Heinisch, Oliver Holtemöller, Christoph Schult

# Impressum

## Kontakt

Professor Dr. Oliver Holtemöller  
Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH)  
Kleine Märkerstraße 8, 06108 Halle (Saale)  
Tel +49 345 77 53 800  
Fax +49 345 77 53 799  
E-mail: oliver.holtemoeller@iwh-halle.de

## Autoren

### **Dr. Katja Heinisch**

Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH)

### **Professor Dr. Oliver Holtemöller**

Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) und Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

### **Dr. Christoph Schult**

Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH)

## Herausgeber

Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH)

## Geschäftsführender Vorstand

Professor Reint E. Gropp, Ph.D.  
Professor Dr. Oliver Holtemöller  
Professor Michael Koetter, Ph.D.  
Dr. Tankred Schuhmann

## Hausanschrift

Kleine Märkerstraße 8  
D-06108 Halle (Saale), Germany

## Postanschrift

Postfach 11 03 61  
D-06017 Halle (Saale)

Tel +49 345 7753 60  
Fax +49 345 7753 820

[www.iwh-halle.de](http://www.iwh-halle.de)

## Zitierhinweis

*Heinisch, Katja; Holtemöller, Oliver; Schult, Christoph*: Stellungnahme „Übergreifende Kostenbetrachtung der Auswirkungen des Klimawandels in Schleswig-Holstein“. IWH Policy Notes 1/2023. Halle (Saale) 2023.

ISSN 2702-4725

## **Stellungnahme „Übergreifende Kostenbetrachtung der Auswirkungen des Klimawandels in Schleswig-Holstein“**

anlässlich der Anhörung im Umwelt- und Agrarausschuss  
des Schleswig-Holsteinischen Landtags  
Antrag der Fraktion der SPD, Drucksache 20/414

Halle (Saale), Februar 2023

## Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung.....	5
2 Einleitung.....	5
3 Daten und Kostenanalyse.....	6
4 Fazit.....	9
Literaturverzeichnis.....	10

## 1 Zusammenfassung

Der Klimawandel in Schleswig-Holstein führt zu Veränderungen in Umwelt, Wirtschaft und Arbeitswelt, und er hat Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen. Der wissenschaftliche Konsens geht davon aus, dass die sozioökonomischen und ökologischen Effekte des Klimawandels weltweit überwiegend negativ sein werden. Aus diesem Grund schreibt das Klimaschutzgesetz vor, dass die deutschen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um mindestens 65% und bis zum Jahr 2040 um mindestens 88% reduziert werden sollen; bis zum Jahr 2045 soll Klimaneutralität in Deutschland erreicht werden. Schleswig-Holstein hat eigene Klimaschutzziele und Maßnahmen eingeführt. Unsicherheiten bestehen jedoch hinsichtlich der nationalen und regionalen Kosten des Klimawandels. Bisherige Studien deuten darauf hin, dass in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts in Deutschland die jährlichen Verluste des Bruttoinlandsprodukts unter einem Prozent liegen werden. Zur Plausibilisierung dieser Zahl ist es notwendig, eine transparente und replizierbare Klimawandelfolgenabschätzung für Schleswig-Holstein vorzunehmen. Es wird daher empfohlen, dem Antrag zuzustimmen.

## 2 Einleitung

Die globale Herausforderung des Klimawandels ist auch für Schleswig-Holstein von großer Bedeutung. Der Klimawandel beeinflusst nicht nur die Umwelt, sondern wird auch wirtschaftliche Kosten verursachen, Schlüsselindustrien beeinträchtigen sowie Arbeitsplätze, Wohlstand und Gesundheit der Menschen gefährden. Der Anstieg der Treibhausgasemissionen seit der industriellen Revolution hat bereits zu einem Anstieg der Durchschnittstemperatur in Deutschland geführt. Allerdings ist dieser Anstieg im Norden im Vergleich zum Süden Deutschlands relativ gering. Die Durchschnittstemperatur in Schleswig-Holstein ist seit dem Jahr 1881 um 1,3° C gestiegen.<sup>1</sup> Für den mittelfristigen Horizont bis 2050 ist in einem mittleren Szenario mit einem weiteren Anstieg um 1,0° C, bis 1,3° C zu rechnen. Die Bandbreite der Schätzung liegt zwischen 0,7° C in einem Klimaschutz-Szenario (RCP2.6) und 2,1° C in einem Weiter-wie-bisher-Szenario (RCP8.5).

Die Erwärmung hat bereits zu verschiedenen Klima- und Umweltauswirkungen geführt, darunter steigende Meeresspiegel, stärkere Stürme, Überschwemmungen und Dürren. Zur Minderung des Temperaturanstiegs sieht das Klimaschutzgesetz Treibhausgasneutralität bis 2045 in Deutschland vor. Die Emissionen sollen bis zum Jahr 2030 um mindestens 65% und bis 2040 um mindestens 88% fallen. Für die Zeit nach 2050 werden negative Treibhausgasemissionen angestrebt. Der globale Klimawandel ist allerdings nur zu einem vernachlässigbar kleinen Teil von den Emissionen in Schleswig-Holstein abhängig, sodass die eigenen Treibhausgasreduktionsmaßnahmen kaum einen Einfluss auf das Klima in der Region haben werden. Daher ist es wichtig, sich auf die erwarteten Folgen des global verursachten Klimawandels vorzubereiten und nicht nur auf Klimaschutz im Sinne von Reduktion der eigenen Emissionen zu setzen.

Im Dezember 2021 hat Schleswig-Holstein das Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) überarbeitet und Ziele sowie spezifische Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele des Landes festgelegt, einschließlich einer sektorspezifischen und schrittweisen Reduzierung von Treibhausgas-

---

<sup>1</sup> Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein & Deutscher Wetterdienst (2017), 14 ff.

emissionen.<sup>2</sup> Die Struktur der Treibhausgasemissionen in Schleswig-Holstein lässt vermuten, dass die Emissionsminderungen im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt geringer ausfallen. Denn in Schleswig-Holstein wird ein hoher Anteil der Emissionen in Sektoren generiert, die unterdurchschnittliche Minderungsraten erbringen müssen (insbesondere Landwirtschaft) und ein geringerer Anteil der Emissionen in Sektoren mit überdurchschnittlichen Minderungsraten (insbesondere Energiewirtschaft).

Im Jahr 2021 (neuere Daten liegen noch nicht vor) sind die Treibhausgas-Emissionen in Deutschland gegenüber dem Vorjahr um 4,5% gestiegen und liegen deutlich über dem anvisierten linearen Abbaupfad (Umweltbundesamt, 2022). In Schleswig-Holstein wurden im Jahr 2020 23,9 Mio. t CO<sub>2</sub>-äquivalente Treibhausgasemissionen emittiert und Schätzungen für das Jahr 2021 beziffern Treibhausgasemissionen von 24,1 Mio. t CO<sub>2</sub>-äquivalente.<sup>3</sup> Damit liegt Schleswig-Holstein auch über dem linearen Emissionsabbaupfad. Neben dem EWKG, hat das Land Schleswig-Holstein auch weitere wichtige Strategien zum Klimawandel verabschiedet, wie bspw. (die Fortschreibung) des Generalplan Küstenschutz 2022, der bereits den ansteigenden Meeresspiegel und die Überprüfungen der Deichsicherheit berücksichtigt. Bei Betrachtung des Meeresspiegelanstiegs ist aber nicht allein der Küstenschutz relevant; auch liegen ca. 25% Prozent der Landesfläche unter Normalnull.

Es ist daher wahrscheinlich, dass der Klimawandel zu weiteren Veränderungen führen wird.<sup>4</sup> Aus diesem Grund ist es für Schleswig-Holstein wichtig, die möglichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels bereits heute abzuschätzen, um geeignete Anpassungs- und Vermeidungsstrategien zu entwickeln. Die generelle Frage ist allerdings, mit welchen Kosten des Klimawandels in Schleswig-Holstein zu rechnen ist, wenn die Temperatur um 1,5° C (dem politischen Ziel), 2,0° C oder 3,0° C gegenüber dem vorindustriellen Niveau steigt.

### 3 Daten und Kostenanalyse

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) hat seit 2021 verschiedene Gutachten vorgelegt, die den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand beispielsweise zu "Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit" oder der "Minderung des Klimawandels" darlegen. Neben der aktuellen Entwicklung des Weltklimas werden auch Modellierungen der zukünftigen Entwicklung vorgestellt. In den kommenden Jahren dürfte mit erheblichen unmittelbaren Effekten des Klimawandels (beispielsweise Extremwetterereignissen), mittelbaren Folgen (beispielsweise Rohstoffknappheit, Migration) und Effekten der Klimaschutzpolitik auf das Wirtschaftswachstum, zum Beispiel auf Wertschöpfung, Beschäftigung, Handelsstrukturen und Preise, zu rechnen sein. Die Wirkungskanäle und Interaktionen,

---

<sup>2</sup> So sollen die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 um mindestens 64% im Energiesektor, 38% in der Industrie, 48% in Verkehr und 19% in der Landwirtschaft gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 2017 bis 2019 gemindert werden.

<sup>3</sup> Im Rahmen der Energiewende- und Klimaschutzberichterstattung veröffentlichen das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung und das Statistikamt Nord jährlich ausgewählte Indikatoren für Energiewende und Klimaschutz (Monitoringbericht), so auch Emissionen. Vgl. *Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (2022)*.

<sup>4</sup> Für Norddeutschland wird ein Anstieg der Temperatur zwischen 1,1° C (Klimaschutz-Szenario) und 3,7° C (Weiter-wie-bisher-Szenario) projiziert. Vgl. *Deutscher Wetterdienst (2022)*, 12.

über die der Klimawandel und die Klimaschutzmaßnahmen auf eine Volkswirtschaft wirken, sind vielschichtig. Während bislang ergriffene Maßnahmen insbesondere auf ihre CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung untersucht wurden, bedarf es nunmehr einer umfassenden Analyse der Auswirkungen in Bezug auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung sowohl in der mittleren (2030, 2035/38) als auch in der langen Frist (2045/50). Hierzu wurden auch für Deutschland schon einige Studien vorgelegt.<sup>5</sup>

Für die Kostenbetrachtung ist es wichtig, einen Überblick über die aktuelle Wirtschaftsleistung, Arbeitsplätze und Treibhausgas-Emissionen der wichtigsten Wirtschaftszweige in Schleswig-Holstein zu geben und hinsichtlich ihrer wirtschaftspolitischen Kenngrößen aufgeschlüsselt zu analysieren. Der Anteil des Verarbeitendes Gewerbe an der regionalen Bruttowertschöpfung (in jeweiligen Preisen) lag im Jahr 2021 bei 14,4%, des Baugewerbes bei 6,80%, der Dienstleistungsbereiche bei 72,4%, sowie der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei bei 1,6%.<sup>6</sup> Der Anteil der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei ist doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt. Der Anteil der Dienstleistungsbereiche lag im Jahr 2021 gut 2,7 Prozentpunkte über dem Bundesdurchschnitt, während der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes um über 5,8 Prozentpunkte unter dem Anteil in Gesamtdeutschland lag.<sup>7</sup>

Zur Bestimmung der erwarteten Kosten des Klimawandels ist die Erfassung der diversen Wechselwirkungen zwischen Wirtschaftsaktivität, Klimawandel und Klimaschutzmaßnahmen erforderlich. Etwa die Integration von Umweltvariablen in makroökonomische Modellen ermöglicht, das zukünftige Produktionspotenzial unter sich verändernden Umweltbedingungen zu ermitteln. Der Dekarbonisierungsprozess erfordert eine erhebliche Umgestaltung der Produktionsprozesse sowie Investitionen in neue Technologien und die Erneuerung von Sach- und Humankapital.

Klimavariablen haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital, welche in den verschiedenen Wirtschaftssektoren eingesetzt werden. Um die Kosten der Auswirkungen des Klimawandels zu bestimmen, sollten insbesondere diejenigen Wirtschaftsbereiche genauer betrachtet werden, in denen die größten Auswirkungen des Klimawandels und der Maßnahmen zu erwarten sind. Anpassungsmaßnahmen, d. h. Maßnahmen, die darauf abzielen, die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft zu verringern, sind daher meist so konzipiert, dass sie auf verschiedene Sektoren und verschiedene Produktionsfaktoren unabhängig voneinander wirken.

Als wesentliche Sektoren zur Bestimmung der Kosten sollten folgende Wirtschaftsbereiche analysiert werden:

---

<sup>5</sup> *Deloitte (2021)* beziffert den Gegenwartswert rein ökonomischer Verluste auf 730 Mrd. Euro für das Bundesgebiet in den nächsten 50 Jahren. *Prognos (2022)* berechnet, dass bereits in den vergangenen 22 Jahren 145 Mrd. Euro Extremwetterschäden in Deutschland entstanden sind. Weitere Studien zeigen, dass der Klimawandel das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland um weniger als 1% jährlich reduziert (*Burke et al., 2015; Knittel et al., 2020; Bosello et al., 2012*).

<sup>6</sup> In Deutschland lag der Anteil des Verarbeitendes Gewerbes an der Bruttowertschöpfung (in jeweiligen Preisen) im Jahr 2021 bei 20,2%, des Baugewerbes bei knapp 6,0%, der Dienstleistungsbereiche bei 69,7%, sowie der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei bei 0,9%.

<sup>7</sup> *Arbeitskreis „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder“*: Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2021, März 2022.

- Energieversorgung (und insbesondere Effekte der Energiewende),
- Industrie/Verarbeitendes Gewerbe,
- Baugewerbe, da Gebäude derzeit für einen großen Beitrag der Treibhausgasemissionen verantwortlich sind (21,2%),
- Land- und (Forst)wirtschaft, die sowohl als Verursacher von Treibhausgasemissionen, aber auch als wichtiger Akteur im Zusammenhang mit Klimaschutzmaßnahmen eine bedeutende Rolle spielen und ferner aufgrund der Flächennutzung (68% Landwirtschaftsfläche; 12,6% Waldfläche) relevant sind,<sup>8</sup>
- Logistik und Lagerei, da Verkehrssektor etwa für ein Fünftel der regionalen Treibhausgasemissionen verantwortlich ist (21,2%).<sup>9</sup>
- Tourismus

Nordhaus (1977, 1993) legte mit dem „Dynamic Integrated Climate Economy Modell“ den Grundstein für diverse Ansätze und Konzepte zur Darstellung der Verbindung zwischen Klimawandel, politischen Maßnahmen und Wirtschaft. Allerdings berücksichtigen nicht alle Ansätze sowohl direkte und indirekte als auch mittel- bis kurzfristige Auswirkungen in einen Gesamtzusammenhang. Sie haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Im Wesentlichen lassen sich die Modelle in vier Arten unterteilen:<sup>10</sup>

- i) „Integrated Assessment Models“ (Nordhaus, 2017a, b; Nordhaus, Sztorc, 2013) erfassen Wirtschaft und Klima transparent in einem einheitlichen Rahmen und ermöglichen Szenarioanalysen.
- ii) Um einen höheren Detailgrad auf regionaler oder sektoraler Ebene zu berücksichtigen, der insbesondere für die Modellierung von Transitionsrisiken von Bedeutung sein kann, kommen in der Literatur auch „Computable General Equilibrium“ (CGE)-Modelle (McKibbin, Wilcoxon, 2013; Chateau et al., 2018; Jaumotte, 2021) und auf Input-Output-Tabellen basierende Analysen (Sievers et al., 2019) zum Einsatz.
- iii) Des Weiteren finden sich in der Literatur auch um Klimakomponenten erweiterte dynamische makroökonomische Modelle. Hierzu zählen zum Beispiel dynamische stochastische Modelle des Allgemeinen Gleichgewichts (DSGE-Modelle Heutel, 2012; Hassler, Krusell, 2018).
- iv) Neben den theoretisch motivierten und/oder mikrofundierten Modellen kommen auch Methoden aus dem Bereich der Zeitreihenökometrie zum Einsatz, wie zum Beispiel strukturelle Panel-Vektorautoregression (Ciccarelli, 2021).

Für eine sektorale Analyse eignen sich vor allem CGE-Modelle, denn es gilt sowohl Wirtschaftsstrukturen als auch Beschäftigungsstrukturen regional zu erfassen. Als Zielgröße sollte aber nicht nur das Bruttoinlandsprodukt betrachtet werden, sondern auch dessen Komponenten und andere Größen wie bspw.

---

<sup>8</sup> Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein: Bodenflächen in Schleswig-Holstein am 31.12.2021 nach Art der tatsächlichen Nutzung, September 2022.

<sup>9</sup> Monitoring Energiewende und Klimaschutz Schleswig-Holstein (Stand: 19.12.2022).

<sup>10</sup> Eine umfassende Beschreibung der einzelnen Modellklassen wird in *Stöver et al. (2022)* vorgelegt.

Arbeitslosigkeit oder Ungleichheit. Das am meisten verwendete Instrumentarium zur Folgenabschätzung sind dynamische Gleichgewichtsmodelle mit verschiedenen Sektoren und Regionen. Ciscar et al. (2009) schätzen die Klimawandelfolgekosten für unterschiedliche Regionen in Europa. Hierzu muss zunächst ein Referenzszenario entwickelt werden. Die Klimafolgekosten werden dann als Differenz zwischen einem Szenario mit Klimawandelschäden und dem Referenzszenario ausgewiesen. Eine sektorale und regionale Differenzierung ist notwendig, um unterschiedliche regionale klimatische Bedingungen und sektorale Strukturen zu berücksichtigen. Für Schleswig-Holstein wäre eine regionale Unterscheidung zwischen Küsten und Nicht-Küsten-Regionen sinnvoll, weil die Auswirkungen des Klimawandels besonders durch den Anstieg des Meeresspiegels unterschiedlich sein werden. Des Weiteren ist eine sektorale Analyse der Klimawandelfolgen notwendig, damit die unterschiedlichen Anfälligkeiten gegenüber klimatischen Veränderungen auf sektoraler Ebene abgebildet werden können. Ciscar et al. (2009) zeigen, dass Tourismus in Nordeuropa tendenziell vom Klimawandel positiv beeinflusst werden dürfte, während der Landwirtschaftssektor eher negativ betroffen sein wird. Zur Folgenabschätzung können *Shared Socioeconomic Pathways* verwendet werden, welche unterschiedliche klimatische Veränderungen konsistent mit unterschiedlichen gesellschaftlichen Entwicklungen kombinieren. Die Belastbarkeit dieser Analysen hängt stark von der Datengrundlage ab. Weiterhin ist anzumerken, dass eine solche Analyse replizierbar sein sollte, um zukünftige Entwicklungen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse in die Analyse einfließen zu lassen. Nachdem die Klimafolgeschäden bestimmt werden konnten, sollte die gleiche Analyse auch zur Evaluierung von möglichen Adaptationsmaßnahmen genutzt werden. Mehrere Modelle sollten für diese Analyse verwendet werden, um mögliche kritischen Annahmen zu identifizieren und robuste politische Empfehlungen ableiten zu können.

#### 4 Fazit

Der Antrag der Fraktion der SPD, eine übergreifende Kostenbetrachtung der Auswirkungen des Klimawandels in Schleswig-Holstein vorzunehmen, wird von den Autoren begrüßt. Der Klimawandel ist für ein kleines Land wie Schleswig-Holstein exogen und hängt kaum von den eigenen Emissionen ab. Die mit dem Klimawandel einhergehenden Folgen sind regional sowie sektoral sehr unterschiedlich. Die Effekte lassen sich mit Hilfe geeigneter ökonomischer Modelle abschätzen. Die Bestimmung der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Kosten des Klimawandels ist allerdings mit hohen Unsicherheiten verbunden. Sowohl die Projektion des Klimawandels, d. h. Temperaturanstieg etc., als auch die Risikoabschätzung und monetäre Bewertung gehen mit unterschiedlichen Annahmen und Einschätzungen einher, sodass Aussagen nur in Kostenintervallen erfolgen können. Die bisherigen Studien deuten darauf hin, dass der Klimawandel in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts in Deutschland zu jährlichen Verlusten von bis zu 0,6% des Bruttoinlandsprodukts führen kann.<sup>11</sup> Diese Abschätzungen unterliegen einer hohen Unsicherheit und müssen regelmäßig überprüft und aktualisiert werden. Um mögliche Fehlentwicklungen frühzeitig zu erkennen, ist es von entscheidender Bedeutung, Monitoring-Systeme zu implementieren, um geeignete Maßnahmen ergreifen zu können. Neben den bereits in Schleswig-Holstein in Kraft getretenen Gesetzen zur Emissionsminderung sind zusätzlich Anpassungen an den erwarteten Klimawandel notwendig. Eine Modellbetrachtung kann wichtige Erkenntnisse für die politischen Entscheidungsprozesse liefern.

---

<sup>11</sup> Vgl. *Deloitte* (2021).

## Literaturverzeichnis

*Bosello, F.; Nicholls, R. J.; Richards, J.; Roson, R.; Tol, R. S.:* Economic Impacts of Climate Change in Europe: Sea-level Rise, in: *Climatic Change*, Vol. 112 (1), 2012, 63–81.

*Burke, M.; Hsiang, S. M.; Miguel, E.:* Global Non-linear Effect of Temperature on Economic Production, in: *Nature*, 527, 2015, 235–239.

*Chateau, J.; Bibas, R.; Lanzi, E.:* Impacts of Green Growth Policies on Labour Markets and Wage Income Distribution: A General Equilibrium Application to Climate and Energy Policies. Working Paper Series 137. OECD 2018.

*Ciccarelli, M.; Marotta, F.:* Demand or Supply? An Empirical Exploration of the Effects of Climate Change on the Macroeconomy. ECB Working Paper No. 2021/2608.

*Ciscar, J.-C.; Iglesias, A.; Feyen, L.; Goodess, C.; Szabó, L.; Christensen, O.; Nicholls, R.; Amelung, B.; Watkiss, P.; Bosello, F. et al.:* Climate Change Impacts in Europe. Final Report of the PESETA Research Project, in: JRC Scientific and Technical Reports, 2009.

*Deloitte:* Germany's Turning Point: Accelerating New Growth on the Path to Net Zero, 2021.

*Deutscher Wetterdienst:* [Nationaler Klimareport. Klima – Gestern, heute und in der Zukunft](#), 2022.

*Hassler, J.; Krusell, P.:* Environmental Macroeconomics: The Case of Climate Change, in: *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 4, 2018. Elsevier, 333–394.

*Heutel, G.:* How Should Environmental Policy Respond to Business Cycles? Optimal Policy under Persistent Productivity Shocks, in: *Review of Economic Dynamics*, Vol. 15 (2), 2012, 244–264.

*Jaumotte, F.; Liu, W.; McKibbin, W.:* Mitigating Climate Change: Growth-friendly Policies to Achieve Net Zero Emissions by 2050. Working Papers 195, IMF 2021.

*Knittel, N.; Jury, M. W.; Bednar-Friedl, B.; Bachner, G.; Steiner, A. K.:* A Global Analysis of Heat-related Labour Productivity Losses under Climate Change – Implications for Germany's Foreign Trade, in: *Climatic Change*, Vol. 160, 2020, 251–269.

*Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein & Deutscher Wetterdienst:* [Klimareport Schleswig-Holstein. Fakten bis zur Gegenwart – Erwartungen für die Zukunft](#), 2017.

*McKibbin, W. J.; Wilcoxon, P. J.:* A Global Approach to Energy and the Environment: The G-Cubed Model, in: *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*, Vol. 1, 2013, 995–1068.

*Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein:* [Monitoringbericht Energiewende und Klimaschutz Schleswig-Holstein 2022](#).

*Nordhaus, W.; Satorc, P.:* DICE 2013R: Introduction and User's Manual. Second Edition, 2013.

*Nordhaus, W. D.:* Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem, in: *The American Economic Review*, Vol. 67 (1), 1977, 341–346.

*Nordhaus, W. D.:* Integrated Assessment Models of Climate Change. NBER, The Reporter, 3, 2017a, 16–20.

*Nordhaus, W. D.:* Optimal Greenhouse-Gas Reductions and Tax Policy in the "Dice" Model, in: The American Economic Review, Vol 83 (2), 1993, 313–317.

*Nordhaus, W. D.:* Revisiting the Social Cost of Carbon, in: Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 114 (7), 2017b, 1518–1523.

*Prognos:* Projektbericht 2022.

*Sievers, L.; Breitschopf, B.; Pfaff, M.; Schaffer, A.:* Macroeconomic Impact of the German Energy Transition and its Distribution by Sectors and Regions, in: Ecological Economics, Vol. 160, 2019, 191–204.

*Stöver, B.; Flaute, M.; Reuschel, S.:* Forschungsstand und Literatur zu den volkswirtschaftlichen Folgekosten des Klimawandels in Deutschland. Studie im Rahmen des Projekts Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. GWS-Research Report 2022/01.

*Umweltbundesamt:* [Treibhausgas-Emissionen in Deutschland](#), März 2022.



Leibniz-Institut für  
Wirtschaftsforschung Halle (IWH)

Kleine Märkerstraße 8  
D-06108 Halle (Saale)

Postfach 11 03 61  
D-06017 Halle (Saale)

Tel +49 345 7753 60  
Fax +49 345 7753 820

[www.iwh-halle.de](http://www.iwh-halle.de)

ISSN 2702-4725

*Leibniz*  
Leibniz  
Gemeinschaft